

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-1069 改1
提出年月日	平成30年9月4日

V-2-3-4-4-3 気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書

目次

1.	一般事項	1
1.1	評価方針	1
1.2	記号の説明	2
1.3	適用基準	2
1.4	形状・寸法・材料	2
1.5	解析範囲	2
1.6	評価部位	2
1.7	計算結果の概要	2
2.	計算条件	6
2.1	設計条件	6
2.2	運転条件	6
2.3	荷重の組合せと応力評価	6
2.4	材料	6
2.5	物性値	6
2.6	荷重の組合せ及び許容応力状態	6
3.	荷重条件	7
3.1	死荷重(L04)	7
3.2	差圧(L02)	7
3.3	地震荷重(L14 及び L16)	7
4.	許容限界	7
4.1	計算方法	7
4.2	解析モデル及び諸元	7
4.3	荷重変位線図	7
4.4	崩壊荷重の下限及び許容荷重	8
5.	評価結果	8

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・評価部位	3
図 1-2	気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価フロー	1
図 2-1	弾完全塑性体の概要	6
図 4-1	解析モデル	10
図 4-2	荷重変位線図	11
表 1-1	計算結果の概要	5
表 3-1	評価に用いる外荷重	9
表 4-1	各許容応力状態における許容荷重	12
表 5-1	評価のまとめ	12

1. 一般事項

本計算書は、気水分離器及びスタンドパイプの耐震性についての計算書である。

1.1 評価方針

気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価は、添付書類「V-2-3-4-4-1 原子炉压力容器内部構造物の応力解析の方針」（以下「応力解析の方針」という。）に基づき、極限解析による評価を実施する。極限解析による評価は、「1.6 評価部位」にて設定する部位において、「3.3 地震荷重」で算出した地震荷重が「4. 許容限界」に示す崩壊荷重の下限から定まる許容限界内に収まることを確認することで実施する。

気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価フローを図1-2に示す。

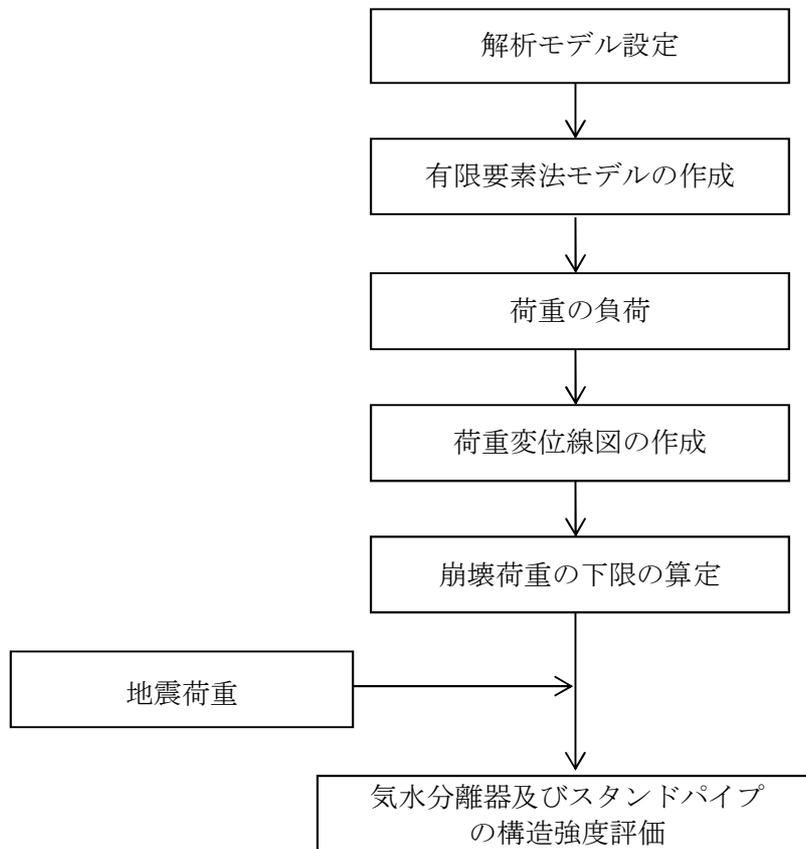


図1-2 気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価フロー

1.2 記号の説明

「応力解析の方針」の2章による。

さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
D_i	内径	mm
D_o	外径	mm
t_1	スタンドパイプ厚さ	mm
t_2	シュラウドヘッド厚さ	mm

1.3 適用基準

適用基準は、「応力解析の方針」の3.1節に示す。

1.4 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.5 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

1.6 評価部位

気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価は、形状不連続部、溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し、評価上厳しくなるシュラウドヘッドとスタンドパイプの接合部（以下「スタンドパイプ付根部」という。）について実施する。

気水分離器及びスタンドパイプの耐震評価部位を図1-1に示す。

1.7 計算結果の概要

計算結果の概要を表1-1に示す。

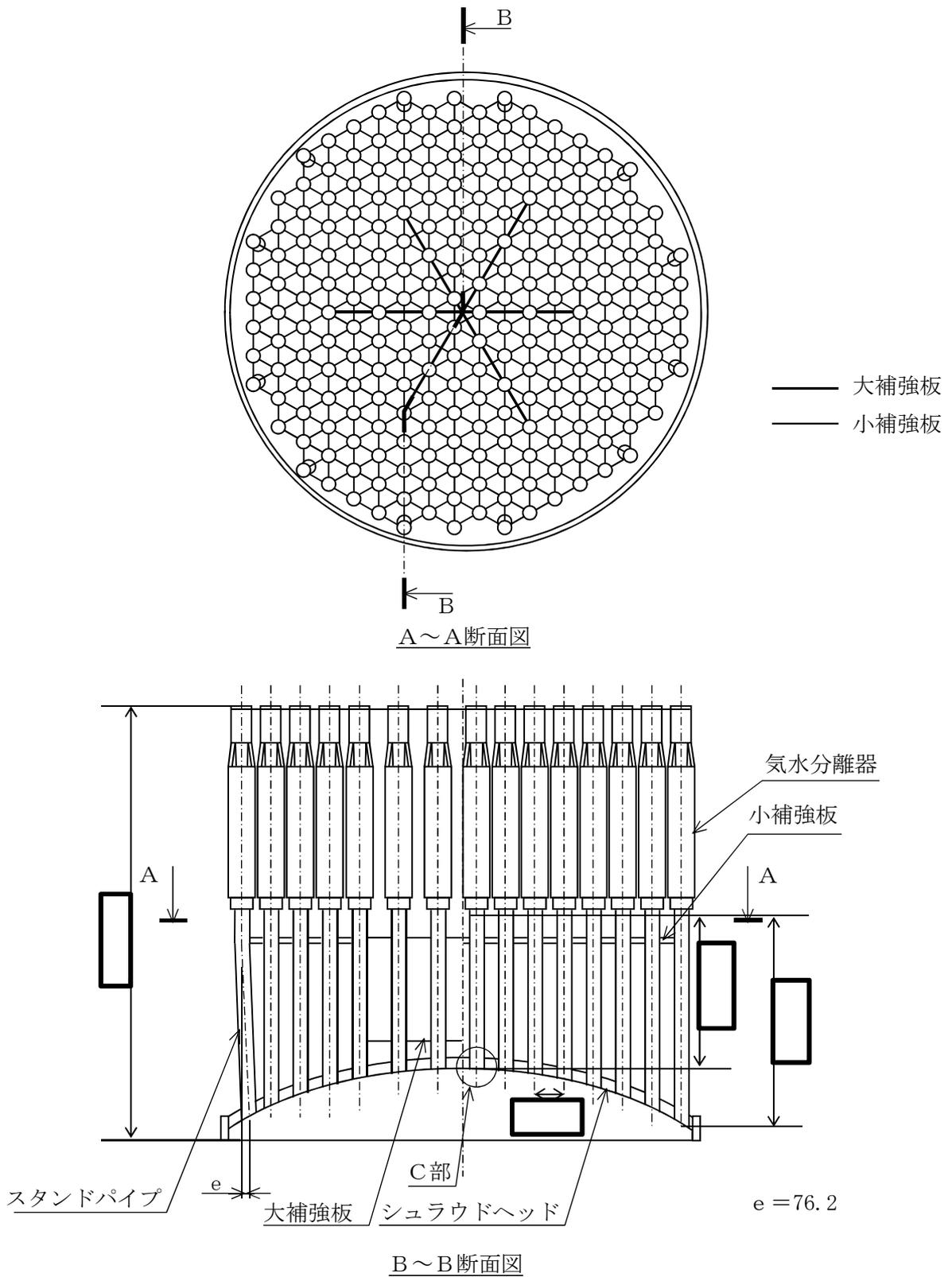
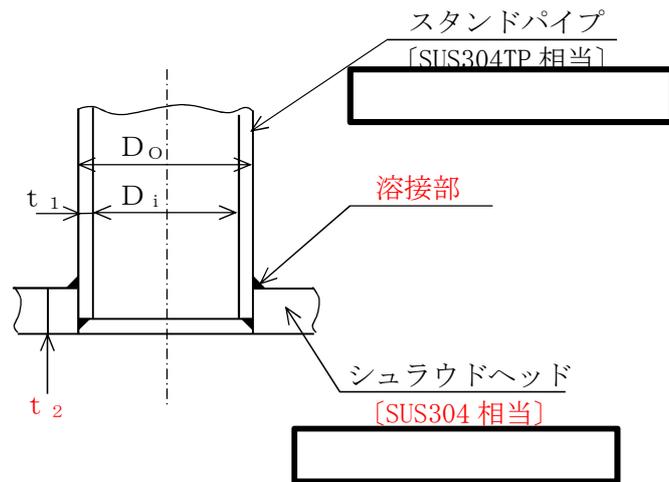


図 1-1(1) 形状・寸法・材料・評価部位 (単位: mm)



C部 (スタンドパイプ付根部) 詳細図

[] : J I S 相当材	$D_o =$ [] (外径)
() : 材 料	$D_i =$ [] (内径)
	$t_1 =$ [] (スタンドパイプ厚さ)
	$t_2 =$ [] (シュラウドヘッド厚さ)

図 1-1(2) 形状・寸法・材料・評価部位 (単位: mm)

表 1-1 計算結果の概要

部分及び材料	供用状態 (許容応力状態)	鉛直力V (kN)		水平力H (kN)		モーメントM (kN・m)	
		地震荷重	許容荷重	地震荷重	許容荷重	地震荷重	許容荷重
スタンド パイプ SUS304TP	Ⅲ _A S	1.49	1.64	10.3	11.3	29.2	32.3
	Ⅳ _A S	2.73	2.78	15.4	15.6	43.9	44.7

2. 計算条件

2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

2.3 荷重の組合せと応力評価

荷重の組合せと応力評価は、「応力解析の方針」の4.5節に示す。

2.4 材料

各部の材料を図1-1に示す。

2.5 物性値

物性値は、「応力解析の方針」の3.4節に示す。計算に使用する応力ひずみ線図は、図2-1に示す許容応力状態Ⅲ_ASでは $1.5S_m$ 、許容応力状態Ⅳ_ASでは $2.3S_m$ と $0.7S_u$ の小さい方を降伏点とした弾完全塑性体とする。

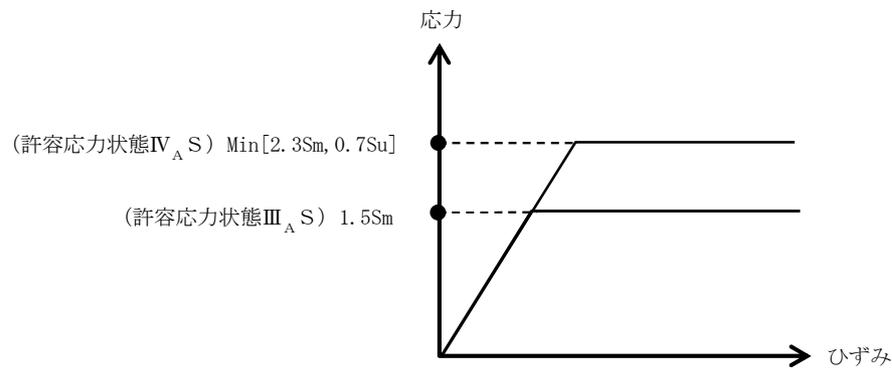


図2-1 弾完全塑性体の概要

2.6 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態は、「応力解析の方針」の3.5節に示す。

3. 荷重条件

3.1 死荷重 (L04)

スタンドパイプ 1 本あたりの付根部に働く死荷重は「応力解析の方針」の 4.4.1 節に示す死荷重を 225 本で除したものとする。評価に用いる死荷重を表 3-1 に示す。

3.2 差圧 (L02)

各運転条件における差圧を「応力解析の方針」の 4.2 節に示す。

3.3 地震荷重 (L14 及び L16)

スタンドパイプ 1 本あたりの付根部に働く地震荷重は「応力解析の方針」の 4.4.3 節に示す地震荷重を 225 本で除したものとする。評価に用いる地震荷重を表 3-1 に示す。

4. 許容限界

4.1 計算方法

許容限界は、J E A G 4 6 0 1・補-1984 の許容応力表で認められた手法として設計・建設規格 CSS-3160 の極限解析による評価（崩壊荷重の下限に基づく評価）にて求める。

計算は、ソリッド要素を使用した有限要素法による弾塑性解析を用いて行う。また、解析コード「ABAQUS」を用いて行う。

4.2 解析モデル及び諸元

本機器の形状を図 1-1 に示し、解析モデル及び諸元を図 4-1 に示す。

解析モデルは、評価上厳しくなるスタンドパイプ付根部の許容限界を求めるため、1 本のスタンドパイプ及びシュラウドヘッドの一部をソリッド要素でモデル化した 3 次元有限要素法モデルとする。境界条件は、シュラウドヘッド端部を全周固定とする。

4.3 荷重変位線図

図 4-1 に示す解析モデルに「3.1 死荷重」及び「3.2 差圧」を負荷し、その後、上端の断面中心から荷重を段階的に負荷することで、荷重とそれによる変形量の関係（以下「荷重変位線図」という。）を求める。上端の断面中心から負荷する荷重は、スタンドパイプの付根部に「3.3 地震荷重」にて求めた各許容応力状態における地震荷重の比例倍となる荷重とする。

荷重変位線図は、有限要素法による弾塑性解析を用いて求める。各許容応力状態における荷重変位線図を図 4-2 に示す。荷重変位線図に示す荷重はスタンドパイプ付根部における荷重とし、表 3-1 に示す各許容応力状態での地震荷重の荷重倍率として整理する。また、変位は解析モデルの上端の断面中心の変位量とする。

4.4 崩壊荷重の下限及び許容荷重

図 4-2 に示す荷重変位曲線から崩壊荷重の下限を求める。崩壊荷重の下限は、荷重とそれによる変形量の関係直線または曲線と荷重軸に対し弾性範囲の関係直線の勾配の 2 倍の勾配を有する直線が交わる点に対応する荷重とする。各許容応力状態における崩壊荷重の下限から、許容荷重を算出する。

許容荷重は許容応力状態Ⅲ_AS では許容応力状態Ⅲ_AS での崩壊荷重の下限と同じ値とし、許容応力状態Ⅳ_AS では許容応力状態Ⅳ_AS での崩壊荷重の下限に 0.9 を乗じた値とする。許容荷重を表 4-1 に示す。

5. 評価結果

各許容応力状態における評価をまとめて表 5-1 に示す。表 5-1 により、各許容応力状態の地震荷重は許容荷重を満足する。

表 3-1 評価に用いる外荷重

記号	荷重名称	鉛直力V (kN)	水平力H (kN)	モーメントM (kN・m)
L04	死荷重	2.52	—	—
L14	地震荷重 S _d *	1.49	10.3	29.2
L16	地震荷重 S _s	2.73	15.4	43.9

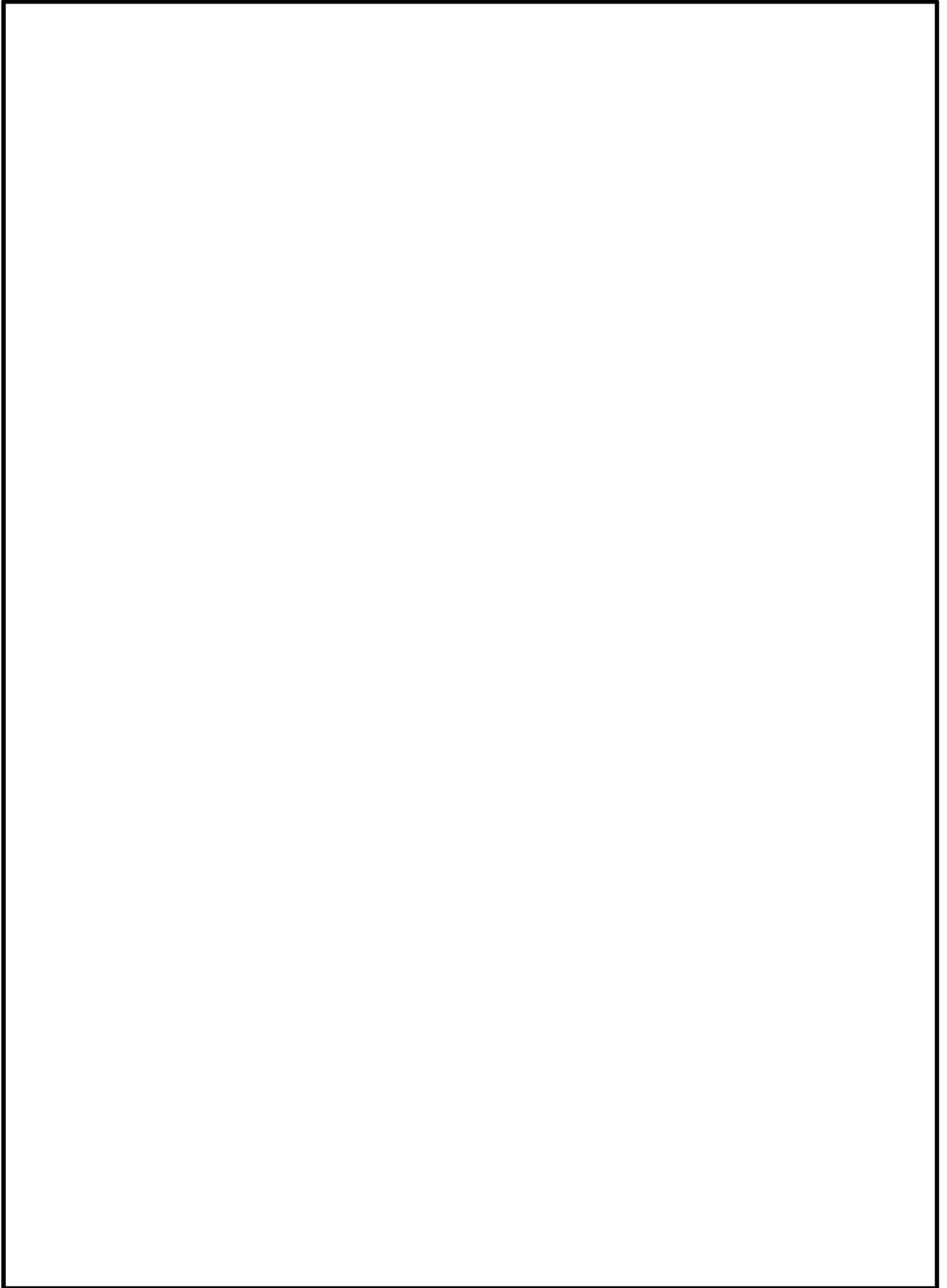


図 4-1 解析モデル

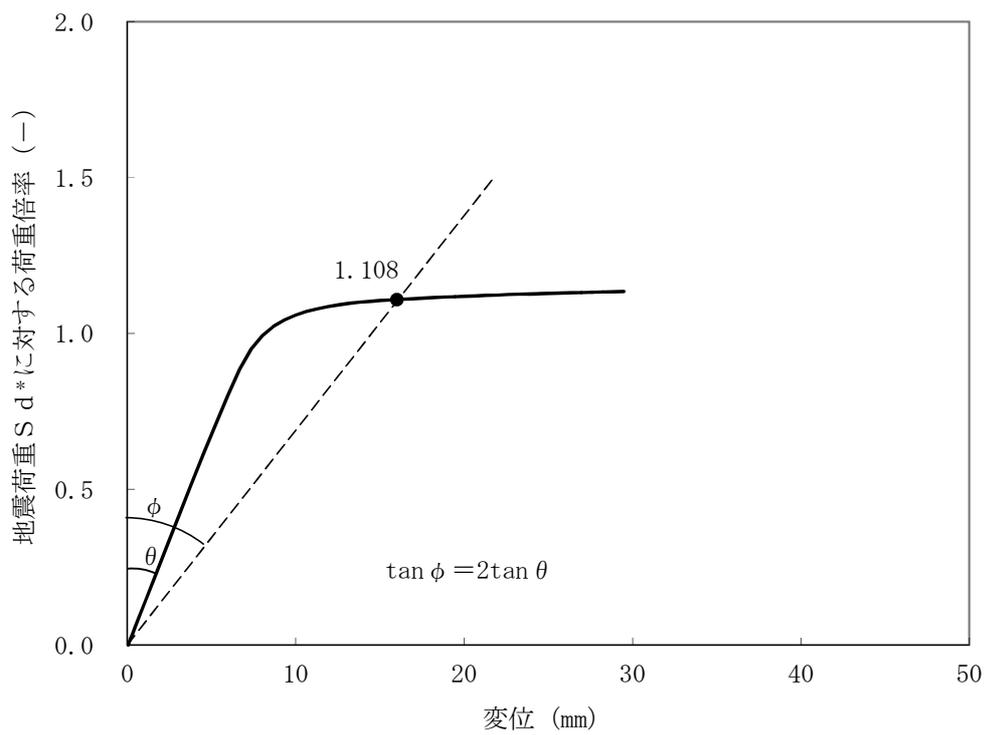


図 4-2(1) 荷重変位線図 (許容応力状態ⅢA S)

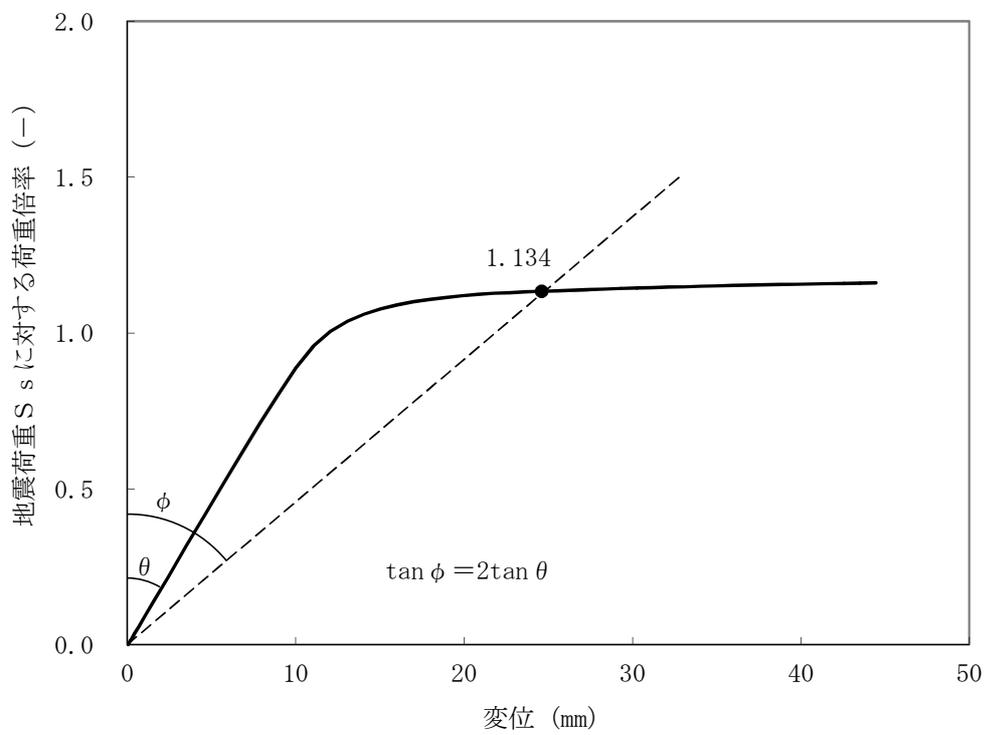


図 4-2(2) 荷重変位線図 (許容応力状態ⅣA S)

表 4-1 各許容応力状態における許容荷重

条件	鉛直力V (kN)	水平力H (kN)	モーメントM (kN・m)
許容応力状態Ⅲ _A S	1.64	11.3	32.3
許容応力状態Ⅳ _A S	2.78	15.6	44.7

表 5-1 評価のまとめ

条件	鉛直力V (kN)		水平力H (kN)		モーメントM (kN・m)	
	地震荷重	許容荷重	地震荷重	許容荷重	地震荷重	許容荷重
許容応力状態Ⅲ _A S	1.49	1.64	10.3	11.3	29.2	32.3
許容応力状態Ⅳ _A S	2.73	2.78	15.4	15.6	43.9	44.7